Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-,
Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität des Saarlandes
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Stüben

Der Spaltlinienverlauf an den Oberflächen, Längs- und Querschliffen menschlicher und tierischer Zähne

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität des Saarlandes

1968

vorgelegt von
Robert Wehr
geb. am 16.7.1935 in Bernkastel-Kues

Dekan: Prof. Dr. H. Witter
Referent: Prof. Dr. Dr. J. Stüben

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-Krankheiten der Universität des Saarlandes

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. S t ü b e n

Der Spaltlinienverlauf an den Oberflächen, Längs- und Querschliffen menschlicher und tierischer Zähne.

I N A U G U R A L D I S S E R T A T I O N
zur Erlangung der Doktorwürde der
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1968

vorgelegt von
Robert Wehr
geb. am 16.7.1935 in Bernkastel-Kues

Dekan: Prof. Dr. H. W i t t e r
Referent: Prof. Dr. Dr. J. S t ü b e n

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Die mündliche Promotionsprüfung wurde am 24.X.1968 abgelegt.

Meinen Eltern.

Sticht man mit einer runden Nadel in ein Gewebe, z.B. in die Haut ein, entstehen statt kreisrunder Öffnungen lineare Spalten. Wenn man sie über weite Flächen der Haut verfolgt, erkennt man, daß die einzelnen Spalten sich zu Zügen aneinanderreihen und gesetzmäßige Verlaufsrichtungen aufweisen. Aber nicht nur an der Haut, sondern auch an der teilweise entkalkten Knochenoberfläche sind diese Züge in ihrem immer wiederkehrenden Verlauf gut darzustellen.

BENNINGHOFF(1) bezeichnet die linearen Spalten als Spannungslinien und sieht in ihnen Linien größter Druck- und Zugfestigkeit, weil sie die Hauptbelastungsrichtung der Knochen aufzeigen.

Die Spannungslinien, die auch Spaltlinien genannt werden, zeigen aber nicht den Verlauf der einzelnen kollagenen Fibrillen auf, sondern sie sind Resultierende aus allen Verlaufsrichtungen (1). Mit ihnen kann man die funktionelle Struktur und den effektiven Aufbau eines Gewebes übersichtlich darstellen.

Die Spaltlinien als Ausdruck von Linien größter Zug- und Druckfestigkeit werden durch experimentelle Untersuchungen bestätigt: Mann kann aufzeigen, daß "Dehnungslinien", die in etwa die Richtung der geringsten Widerstandsfähigkeit wiedergeben, senkrecht zu den Spaltlinien verlaufen (4). Allerdings können durch vergleichende Untersuchungen am Unterkiefer und Femur keinerlei erkennbare Beziehungen zwischen dem Trajektorien- und Frakturlinienverlauf aufgezeichnet werden (10).

BENNINGHOFF(1) hat nachgewiesen, daß die Spaltlinien beim Gesichtsschädel typisch verlaufen. Dagegen zeigen die Spaltlinien bei der Kalotte keine geordnete Verlaufsrichtung; die Kalotte bleibt damit neutral.

Ober- und Unterkiefer zeigen im Alveolarfortsatz einen arteigenen Verlauf der Spaltlinien, der sich aber der Änderung der funktionellen Beanspruchung - wie sie etwa nach der Zahnextraktion gegeben ist- anpaßt (1).

Daß jedem Zahn im Alveolarfortsatz bestimmte Spaltlinien zugeordnet sind, zeigt eine Untersuchung des Schädels der Ziege, die keine Schneide- und Eckzähne hat, und der auch die entsprechenden Spaltlinienzüge fehlen (12).

Auch die verschiedenartigen Belastungen durch den Kaudruck können im strukturellen Aufbau des Alveolarfortsatzes zum Ausdruck kommen. Bei pathologischen Veränderungen des Kaudrucks tritt eine Umstrukturierung des Knochens auf, die bei einer Normalisierung der Bißverhältnisse, z.B. bei Eingliederung eines brückenartigen Ersatzes, sich zurückbildet (21).

Bei Pferd und Hund wird ebenfalls durch vergleichende Untersuchungen ein unterschiedlicher Verlauf der Spaltlinien festgestellt, der durch die Kauart erklärt werden kann (12).

Die Spaltlinien gelangen zwar an Knochenoberflächen am deutlichsten zur Darstellung, sie sind aber auch an vielen anderen Geweben nachweisbar. So hat HULTKRANZ (16) Untersuchungen am Gelenkknorpel verschiedener Individuen durchgeführt und ist zu dem Ergebnis gelangt, daß die Spaltrichtungen einen sehr konstanten Verlauf aufzeigen. Sie weisen in der Mehrzahl der Gelenke eine beachtenswerte Übereinstimmung mit der mechanischen Beanspruchung auf, die einesteils auf der Reibung, anderenteils auf der Belastung beruht. Ebenfalls ist der funktionelle Bau des Kehlkopfknorpels und der Kompakta des Zungenbeins mittels der Spaltlinienmethode untersucht und dabei eine sehr regelmäßige, funktionell bedingte Spaltbarkeit nachgewiesen worden (13). Auch ist die feine Faserung der Intima der Aorta mit der Spaltmethode dargestellt

worden (2). Der Verlauf der Spaltlinien ist hierbei ein Spiegel für die Verteilung längsdehnender Kräfte und entspricht den Zugspannungslinien.

An der Oberfläche der Zahnhartgewebe hat BENNINGHOFF (1) als erster die Spaltlinien dargestellt. Sie verlaufen im Dentin und Zement in der Längsrichtung des Zahnes von der Wurzelspitze zur Krone, bei den Frontzähnen streben sie den Schneidekanten zu, bei den Praemolaren und Molaren den Höckerspitzen.

Bei den Oberflächenuntersuchungen von Rinderschneidezähnen verschiedener Altersstufen glaubt BRODERSEN (7) gefunden zu haben, daß sich im Spaltlinienbild in der Zone des Tuberculums die äußeren Längszüge mit zunehmendem Alter mehr und mehr bogig vereinen, woraus er schließt, daß sich im ausgereiften Dentin noch Umbauvorgänge abspielen: " Die Masse des fertigen Dentins ruht nicht, sondern findet sich in Bewegung" (7). Dies geschieht nach seiner Auffassung mit einer solchen Gesetzmäßigkeit, daß man aufgrund dessen das Alter eines Zahns bestimmen kann. Die Frage, inwieweit die Umbauvorgänge im ausgereiften Dentin durch die Funktion bedingt sind, wird von ihm offen gelassen.

An Längsschnitten stellt BRODERSEN eine weitgehende Übereinstimmung der Spaltlinien mit dem Verlauf der VON EBNERschen Anbaulinien fest. Vor allem in der Gegend des Tuberculum dentale und des vestibulären Kronendentins zeigen sich recht erhebliche Abweichungen. Auch hier beobachtet er an Zähnen von verschieden alten Individuen eine Umwandlung des Spaltlinienverlaufs.

Eine Verlaufsänderung der Spaltlinien an den Zähnen nach ärztlicher Behandlung, z.B. nach dem Legen von Füllungen oder durch die Kautätigkeit, wird von BRODERSEN und auch von WUNDERER (22) nicht festgestellt.

Daß der Verlauf der Spaltlinien und damit der Fibrillensysteme im Zement der gleiche ist wie im Dentin und so eine Einheit in der funktionellen Anordnung gegeben ist, ist eine Erkenntnis BREMERs(6). Er weist auch auf Unregelmäßigkeiten im Spaltlinienverlauf bei Zementauflagerungen an Wurzelspitzen von Molaren, insbesondere von unteren Weisheitszähnen hin und sieht in der horizontalen Verlaufsrichtung der Fibrillenzüge, die durch die Spaltlinien darstellbar ist, eine der Ursachen für die häufige Wurzelfraktur dieser Zähne.

In einer grundlegenden Arbeit hat sich schließlich WUNDERER (22) mit dem Verlauf der Spaltlinien am Zahnhartgewebe befaßt. Er untersucht 425 gestichelte Präparate von 128 menschlichen Zähnen, davon sind 75 Längsschnitte bzw. Längsschliffe in mesio-distaler und oro-vestiburaler Richtung und 377 Querschnitte und Querschliffe in verschiedener Höhe. Bei Schneidezähnen, Eckzähnen, Backen- und Mahlzähnen findet er regelmäßig vorkommende Abweichungen vom VON EBNERschen Schema, die teils allen Zähnen gemeinsam, teils für die einzelnen Zahntypen charakteristisch sind:
Im Längsschnitt zeigen die Schneidezähne zwei Bereiche des Spaltenverlaufes: In der "keilförmigen Zone" (22) über dem Dach der Pulpakammer verlaufen die Spaltlinien parallel zu den Dentinkanälchen. Im übrigen Bereich entspricht der Spaltlinienverlauf weitgehend den VON EBNERschen Anbauzonen. Hier ziehen sie von oben innen nach unten außen und kreuzen die Dentinkanälchen senkrecht. Abweichungen findet WUNDERER im Bereich des Tuberculum dentale, doch kann er keinen kausalen Zusammenhang zwischen Alter des Zahnes und Spaltlinienverlauf, wie ihn BRODERSEN annimmt, beobachten.

Backenzähne weisen in ihrem Längsschnitt grundsätzlich die gleichen Befunde auf wie die Schneidezähne.

Bogige Anordnungen der Spaltlinien finden sich zusätzlich in der Gegend der Bifurkation.

Auch beim Spaltlinienverlauf der Mahlzähne besteht eine Ähnlichkeit mit dem VON EBNERschen Schema. Abweichungen hiervon stellt die oberhalb der Pulpenkammer liegende keilförmige Zone dar, - die jedoch hier nicht mit der gleichen Regelmäßigkeit nachzuweisen ist wie bei den Frontzähnen - sowie der bogige Verlauf der Spaltlinien in der Bifurkation von einer Wurzel zur anderen. Häufig findet WUNDERER bei Mahlzähnen jugendlicher wie auch älterer Individuen die Spaltlinien horizontal gerichtet.

Die Querschnittsfläche ist bezüglich des Spaltenverlaufes in drei Hauptzonen gegliedert: eine innere "zirkuläre Zone" um die Pulpa, eine Überganszone und eine äußere breitere "transversale Zone". Die innere Zone entspricht dem Dentin der Gebrauchsperiode, die äußere Zone dem der Entwicklungsperiode. Die Spaltlinien verlaufen auf der Querschnittsfläche nicht immer in streng transversaler Richtung, vielmehr auch in einem Winkel zu einer Achse, die in transversaler Richtung gedacht ist. So kann z.B. an demselben Zahn bei Schnitten in verschiedener Höhe ein unterschiedlich gerichteter Spaltlinienverlauf nachgewiesen werden. Er ist mannigfaltig, doch gesetzmäßig. Bei Mahlzähnen deutet sich im Schnittbild durch das Kronendentin in der Höhe des Pulpendaches die Mehrhöckerigkeit an.

WUNDERER hat es nicht an Bemühungen fehlen lassen, die Beziehungen zwischen Spaltlinienverlauf und funktioneller Beanspruchung aufzudecken. Bei der Untersuchung retinierter, verlagerter und normal durchgebrochener Zähne verschiedenen Alters findet er ein stets ähnliches Spaltlinienbild. Er macht Aufzeichnungen, welche Stellung der Zahn in seiner Reihe einnimmt und in welcher Beziehung er zu den Nachbarzähnen

und Antagonisten steht. Er überprüft die Bißlage in individueller Okklusion, die Kauart und die Schliffacetten, kann aber keinen Anhaltspunkt für das Bestehen eines kausalen Zusammenhanges zwischen mechanischer Beanspruchung und Spaltlinienverlauf bei Zähnen finden. Eine unmittelbare Beeinflussung durch die Kautätigkeit ist trotz der weitgehenden Anpassung der Zähne an ihre zahlreichen Aufgaben nicht nachweisbar. "Schon vorhandene Gefüge erfahren im Laufe der Zeit keine Veränderung". (22).

Die Spaltlinien der Milchzähne gleichen denen des bleibenden Gebisses. Die zirkulären Zonen sind schmal oder fehlen ganz. Defekte durch physiologische Resorption bewirken kaum eine Veränderung.

Weiter hat WUNDERER (22) seine Untersuchungen auf das tierische Zahnbein ausgedehnt. Einbezogen waren vor allem Zähne von Carnivoren, Omnivoren und Herbivoren, von hochentwickelten und primitiven Tieren. Dabei kommt er im wesentlichen zu folgenden Ergebnissen:
Bei den Längsschnitten entspricht der Verlauf der Spaltlinien weitgehend den Anbaulinien. Je tiefer ein Tier in der Entwicklungsreihe steht, umso ausgeprägter ist die Richtung in Zahnlängsachse; bei höherstehenden Wirbeltieren nimmt die horizontale Ausrichtung zu. Die keilförmige Zone verschwindet bei den Säugern mehr und mehr.

Bei den Querschnitten kann man für das Tier zwei Grundrichtungen des Spaltenverlaufes feststellen: Transversal gerichtete und zentrisch geordnete Stichspalten mit zirkulärem und radialem Verlauf. Die Richtung der transversalen Spaltlinien ist beim Tier noch deutlicher ausgeprägt als beim Menschen und umso deutlicher, je näher man an den stammesgeschichtlichen Ursprung heranreicht. Die Zähne

des Schweines und Rindes weisen spezifische Abwandlungen auf; an Hundezähnen fehlt die zirkuläre Zone vollständig.

Auch werden Zähne von Tieren, die einem phylogenetisch älteren Stadium angehören, von WUNDERER (22) untersucht. Auf Querschliffen kommt die transversale Ausrichtung noch deutlicher zum Ausdruck als bei Menschen- und Säugetierzähnen.

Nach der HERTWIGschen Entwicklungstheorie stammen die Zähne von den Placoidschuppen ab. Der Querschnitt durch den Basisteil einer solchen Schuppe zeigt die Spaltlinien deutlich transversal gerichtet, und zwar in rostro-caudaler Richtung.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse an den Tierzähnen kommt WUNDERER zum Schluß, daß die Baugesetzmässigkeit des Zahnes nicht auf funktioneller Beziehung sondern auf phylogenetischem Ursprung beruht.

Meine Aufgabe besteht darin, den Spaltenverlauf an den Zahnoberflächen verschiedener Zahntypen aufzuzeichnen, da diese von WUNDERER nicht untersucht wurden. Dabei werden Längsschliffe in oro-vestibularer und mesio-distaler Richtung, sowie Querschliffe einbezogen.

Der Spaltlinienverlauf soll aber auch an Zähnen von Hund, Schwein und Rind, also von Tieren mit unterschiedlicher Kauart, aufgezeichnet werden.

Durch eine weitere Versuchsanordnung soll festgestellt werden, ob funktionelle Einwirkungen einen Einfluß auf das Spaltlinienbild ausüben können. Dies wird untersucht an Zähnen, die einer Fehlbelastung ausgesetzt sind, an kollateralen Zahnpaaren mit unterschiedlicher kaufunktioneller Belastung und schließlich noch an retinierten oder verlagerten, nicht in Funktion stehenden Zähnen.

Versuchsanordnung

Material

Von allen Zahntypen des menschlichen Gebisses werden je vier Exemplare untersucht. Sie werden z.T. sofort nach der Extraktion aufgearbeitet, zum anderen Teil in physiologischer Kochsalzlösung oder 7%iger Formollösung aufbewahrt. Gelegentlich ist auf Zahnmaterial zurückgegriffen worden, das über längere Zeit in Formollösung konserviert worden war. Alle Zähne erweisen sich als gleichermaßen brauchbar.

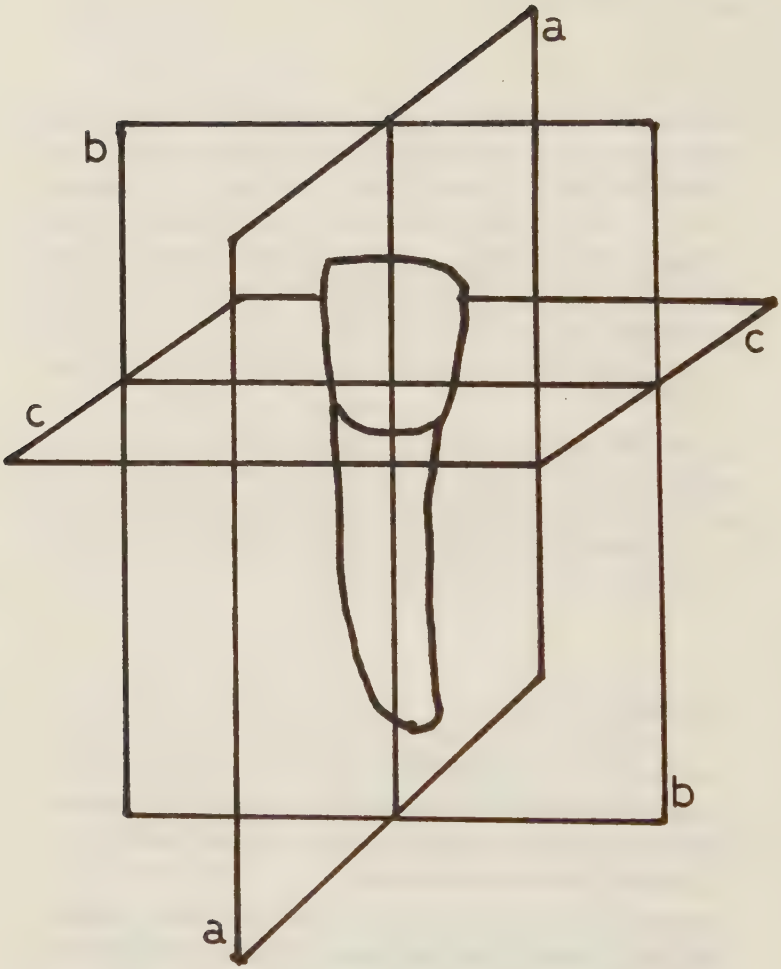
Vom Hund stehen je drei, vom Schwein je zwei Molaren-, Eckzahn- und Schneidezahnpaare, vom Rind je sechs Molaren und Frontzähne zur Verfügung. Hier handelt es sich um frische Präparate gleichaltriger Tiere derselben Gattung.

Methodik

Es werden Längsschliffe in oro-vestibularer und mesio-distaler Richtung sowie Querschliffe angefertigt. Sie verlaufen jeweils in der Höhe des größten Pulpendurchmessers.

Danach werden die Zähne elektrolytisch entkalkt. Die Entkalkungslösung besteht aus Salzsäure 8,0; Ameisensäure 10,0; und Aqua dest. ad 100,0. Nach fünf bis sieben Stunden ist eine ausreichende Entkalkung gewährleistet.

Handelt es sich um Schliffe, dann braucht der Zahn nicht vollständig entkalkt zu sein. Eine ausreichende Entkalkung ist dann gegeben, wenn man eine runde Nadel ohne Anwendung von Druck in das Gewebe einstechen kann.



a Längsschliffe in oro-vestibularer Richtung
b Längsschliffe in mesio-distaler Richtung
c Querschliffe

Von Schnitten ist wegen der längeren Entkalkungsdauer und der damit gegebenen Beeinträchtigung des Fibrillenverlaufes Abstand genommen worden.

Im Anschluß an die Entkalkung werden die Zähne für zwölf Stunden in fließendes Wasser gelegt, um die Säure auszuspülen.

Die entkalkten Zähne werden in stets feuchtem Milieu aufbewahrt, da es sonst binnen kurzer Zeit zu Schrumpfungsprozessen kommt, die zur Unbrauchbarkeit führen.

Zwecks Darstellung der Spaltlinien beschickt man vor jedem Einstich eine runde Nadel mit schwarzer Tusche und sticht ohne Anwendung von Druck senkrecht zur Oberfläche etwa 2 mm tief in das Gewebe ein.

Die Präparate werden mit einem LEITZ - REPROVIT (FOCOTAR 1:4,5) aufgenommen.

Bei der Zahnoberfläche handelt es sich um fünf Aufnahmen ein und desselben Zahnes, die von fünf Negativen auf ein Positiv übertragen worden sind. Die drei Schliffe je eines Zahnes sind zu einer Aufnahme zusammengestellt worden.

Zwecks besserer Übersicht werden halbschematische Zeichnungen angefertigt, die in diesem Falle eine Verdeutlichung des tatsächlich aufgefundenen Spaltlinienverlaufs darstellen, also keine routinemäßige Aufzeichnung der Hauptverlaufsrichtung.

Ergebnisse

Die Verlaufsrichtung der Spaltlinien an den Zähnen des menschlichen Gebisses.

Bei den Untersuchungen des Spaltlinienverlaufes an Oberflächen menschlicher Zähne läßt sich allgemein eine Verlaufsrichtung von der Wurzelspitze zur Krone

beobachten. An der Kaufläche streben die Spaltlinien den Höckerspitzen zu und verlaufen entlang den Leisten (Abb. 25,27 - 61,63). Eine klare Beziehung zu den Fissuren wird nicht festgestellt, aber sie kreuzen sie durchweg rechtwinkelig.

Bei den Frontzähnen ist der Spaltlinienverlauf longitudinal ausgerichtet (Abb. 1,3 - 21,23). Auf der oralen Seite im Bereich des Tuberculum dentale (Abb. 1,5,9,11,13,15,17,19,23) und auf der vestibularen Seite im oberen Drittel des Kronendentins (Abb. 3,5,7,9,11,13,15,19) sammeln sich die Spaltlinien zu knotenartigen Verdichtungen und strahlen von hier aus in den incisalen Bereich ein. Besonders bei Eckzähnen kann man in der Längsrichtung des Zahnes mehrere solcher Annäherungen beobachten (Abb. 11a,23a). Eine horizontale Anordnung der Spaltlinien ist im Frontzahnbereich sehr selten. Eck- und Schneidezähne gleichen sich in ihrem Spaltlinienverlauf.

Bei den Praemolaren ist die Hauptverlaufsrichtung ebenfalls longitudinal; die horizontale Ausrichtung ist zwar nicht sehr ausgeprägt, aber sie läßt sich regelmäßig feststellen, hauptsächlich im Bereich des Zahnhalses und der Wurzelspitze (Abb.25,31,33,35,39). Unregelmäßigkeiten des Spaltlinienverlaufes treten bei den Praemolaren häufiger auf als bei den Frontzähnen (Abb.25).

An den Molaren erstreckt sich die horizontale Anordnung der Spaltlinien fast über das gesamte Kronendentin, wobei sie arkadenartig in die Bifurkation einstrahlen (Abb. 47,49,55,59,61); lediglich im Bereich der Höcker verlaufen sie spitzenwärts (Abb. 43,45,55, 57,59). Im Bereich der Wurzelspitzen ist die horizontale Ausrichtung der Spaltlinien wesentlich breiter als bei den Praemolaren (Abb. 51,55,57,61). Die Spaltlinien der ersten Molaren sind häufig von der Wurzelspitze bis zur Krone streng longitudinal ausgerichtet

(Abb. 41,43,53). Bei den Weisheitszähnen aber kann dies in keinem der untersuchten Fälle beobachtet werden. Bei ihnen erstreckt sich der horizontale Verlauf nicht selten auch über das gesamte Wurzeldentin; die Anordnung ist unregelmäßig, und gelegentlich werden Wirbelbildungen beobachtet (Abb.49, 51,61,63).

Der Spaltlinienverlauf der Zähne des Ober- und Unterkiefers gleicht sich, doch können Unregelmäßigkeiten bei unteren Zähnen wesentlich seltener festgestellt werden.

Bei den Untersuchungen über den Spaltlinienverlauf an Längsschliffen menschlicher Zähne können nur grobe Übereinstimmungen mit den VON EBNERschen Anbaulinien festgestellt werden:

An den Schliffbildern der Schneidezähne, die in orovestibularer Richtung geführt werden, läßt sich, wenn auch nicht regelmäßig, eine horizontale Anordnung des Spaltlinienverlaufes in Höhe des Zahnhalses oral und vestibular feststellen (Abb. 2,4,10,12), bei oberen Schneidezähnen allerdings häufiger als bei unteren. Im Bereich des Tuberculum dentale ist der Spaltenverlauf unregelmäßig (Abb. 4,6,8). Zwischen Pulpendachund incisaler Kante ist eine schmale Zone senkrechten Spaltenverlaufes festzustellen (Abb. 4,12,20,22,24).

Bei den Längsschliffen in mesio-distaler Richtung läßt sich bei allen Frontzähnen die keilförmige Zone oberhalb des Pulpendaches aufzeigen, wo die Spaltlinien parallel zu den Dentinkanälchen verlaufen (Abb.2,4,6 ... 22,24). Im übrigen Bereich entsprechen sie im wesentlichen dem Verlauf der VON EBNERschen Anbaulinien, d.h. sie kreuzen die Dentinkanälchen senkrecht.

Bei den Längsschliffen an Eckzähnen in oro-vestibularer Richtung gibt es Abweichungen von dem VON EBNERschen Schema in zwei Zonen: Im Bereich des Tuberculum

dentale und in der labialen Schicht des Kronendentins ist die horizontale Zone regelmäßig ausgebildet und ausgeprägter als bei den Schneidezähnen (Abb.10, 12).

Bei den Längsschliffen in mesio-distaler Richtung finden sich zwischen dem Dach der Pulpenkammer und der Höckerspitzen Stichspalten, die der Zahnlängsachse parallel verlaufen (s.keilförmige Zone; Abb. 22,24). Es kann bei Eckzähnen mit noch nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum auch im Bereich des Wurzeldentins ein Spaltenverlauf beobachtet werden, der dem der Dentinkanälchen entspricht (Abb.10).

Bei den Backenzähnen entspricht der Spaltlinienverlauf besonders bei den jugendlichen Zähnen auch im Wurzeldentin häufig den Dentinkanälchen (Abb. 26, 28).

Bei Längsschnitten in oro-vestibularer Richtung ist im Oberkiefer die keilförmige Zone deutlich sichtbar (Abb. 26,28,30,32); im Unterkiefer verlaufen die Spaltlinien in einer schmalen Zone zwischen Höckerspitze und Pulpendach in Zahnlängsachse (Abb.34,36,40). Im Wurzeldentin zeigt sich eine schrauben- und wellenförmige Ausrichtung (34a,40a). Die horizontale Anordnung im Bereich des Zahnhalses nimmt gegenüber der bei Eckzähnen an Breite und Regelmäßigkeit zu.

Die Längsschliffe in mesio-distaler Richtung weisen die gleichen Befunde auf, nämlich einen schraubenförmigen Verlauf der Spaltlinien im Wurzeldentin (Abb. 32a,34a,40a) und besonders bei Zähnen Jugendlicher eine Übereinstimmung von Spaltlinienverlauf und Dentinkanälchen, d.h. sie verlaufen von oben außen nach innen unten (Abb.28).

Bei den Längsschliffen der Mahlzähne in mesio-distaler Richtung entspricht der Verlauf der Spalt-

linien durchweg dem VON EBNERschen Schema (Abb.52, 56,60). Die keilförmige Zone oberhalb des Pulpendaches ist gelegentlich zu erkennen (Abb.46,52,54), doch nicht mit der gleichen Regelmäßigkeit und Deutlichkeit wie bei den Frontzähnen. Der horizontale Linienverlauf erstreckt sich über weite Regionen des Kronendentins (Abb. 42,50,62) und nicht selten auch des Wurzeldentins (Abb. 46,48,54). Bei Weisheitszähnen dominiert die horizontale Anordnung (Abb. 50,52,62,64), häufig ist der Spaltlinienverlauf aber auch unregelmäßig. In der Bifurkation schwenken die Spaltlinien bogig von einer Wurzel zur anderen (Abb. 42a,52a,60a).

Die Befunde an Längsschliffen in oro-vestibularer Richtung gleichen in ihrem Spaltenverlauf denen in mesio-distaler Richtung, d.h. die horizontale Anordnung der Spaltlinien im oralen und vestibularen Kronenanteil erstreckt sich auf den mesialen wie distalen Bereich (Abb. 50,52,54,60).

Bei den Untersuchungen über den Spaltenverlauf an Querschliffen werden größtenteils die von WUNDERER aufgezeigten drei Zonen festgestellt: die innere zirkuläre Zone, die Übergangszone und die äußere Transversalzone(Abb. 2,4 ...).

Schneide- und Eckzähne weisen einen ähnlichen Spaltenverlauf auf. Die transversale Zone ist in den meisten Fällen stärker als die übrigen Zonen ausgeprägt (Abb. 2a,4a..).

Bei den Backenzähnen sind die zirkuläre Zone um das Pulpalumen und die Übergangszone sichtbar (Abb. 26, 28), ebenso die ausgedehnten Bereiche einer zirkulären Spaltlinienordnung in der Bifurkation (Abb. 26,32,36).

Auch bei den Mahlzähnen ist die innere zirkuläre Zone gut zu erkennen (Abb. 48,50,60,62). Die transversale Ausrichtung erstreckt sich nur auf die Wurzel-

segmente, so daß die Spaltlinien im Gesamtbild des Zahnquerschliffes senkrecht aufeinander stehen (Abb. 42,50,54,60,62).

Die Verlaufsrichtung der Spaltlinien an der Oberfläche von Frontzähnen und Molaren des Hundes, Schweines und Rindes.

Die Schneide- und Eckzähne des Hundes weisen eine mehr longitudinal ausgerichtete Verlaufsrichtung der Spaltlinien auf als die des Menschen. Kommen bei Schneidezähnen im distalen Bereich des Kronendentins zuweilen horizontale Abweichungen vor, so unterbleiben diese ganz bei allen sechs untersuchten Eckzähnen.

Auch bei den Molaren zeigt sich eine longitudinale Verlaufsrichtung der Spaltlinien, die im Kronenbereich den Höckerspitzen zustrebt.

Die Frontzähne des Schweines weisen einen longitudinal ausgerichteten Spaltlinienverlauf auf. Bei den untersuchten Exemplaren ist er bei den Schneidezähnen ausgeprägter als bei den Eckzähnen. Im Vergleich zu den Hundezähnen ist die Verlaufsrichtung nicht so einheitlich, die Darstellbarkeit der Spaltlinien tritt zurück.

Bei den Molaren ist die Verlaufsrichtung longitudinal, doch, durch die anatomische Form bedingt, recht unterschiedlich.

Bei den Frontzähnen des Rindes verlaufen die Spaltlinien ziemlich gradlinig von der Kronenspitze zur Wurzel, doch gibt es auffallende Abweichungen: Die Spaltlinien biegen in die mesiale Zahnkante ab. Im distalen Bereich des Kronendentins ist hingegen regelmäßig eine breite Zone horizontalen Linienverlaufes festzustellen. Auf der lingualen Fläche kann häufig in Höhe des Tuberculums bogiger Verlauf fest-

gestellt werden.Die Beziehungen der Spaltlinien zum Alter des Zahnes sind nicht überprüft worden.

Auch bei den Molaren läßt sich eine horizontale Anordnung des Spaltenverlaufes über größere Flächen des Kronendentins feststellen. Die Linien strahlen arkadenförmig in die Bifurkation ein. An der mesialen und distalen Seite kann hingegen häufiger eine Wirbelbildung festgestellt werden.

Der Spaltenverlauf an gleichen Zähnen verschiedener Menschen in Abhängigkeit von der Belastung, vom Alter und von zahnärztlichen Eingriffen.

Wie Beobachtungen an Zähnen, die im Kreuzbiß gestanden sind, und an Zähnen eines parodontal geschädigten Gebisses gezeigt haben, bleiben Fehl-, Über- und Unterbelastungen ohne Einfluß auf den Spaltlinienverlauf. Auch können Untersuchungen über das Spaltlinienbild stärker belasteter Zähne, wie z.B.Brückenpfeiler, keine wesentlichen Abweichungen aufzeigen.

Bei Zähnen von Personen unterschiedlichen Alters können die in beiden Fällen auftretenden Abweichungen des Spaltlinienbildes nicht in Zusammenhang mit dem Alter gebracht werden.

Die von BRODERSEN und WUNDERER erhobenen Befunde, daß das Spaltlinienbild an Abrasionen, bei Füllungen und Karies keine Beeinträchtigung erfährt, werden bestätigt.

Kollaterale Zahnpaare

Im Schrifttum findet man den Hinweis, daß sich bei kollateralen Zahnpaaren die histologischen Einzelheiten des Schmelzes und Dentins gleichen (11) und

kariöse Veränderungen beidseitig auftreten. PANTKE (19) berichtet,daß gleichnamige Zähne der beiden Kieferhälften ein und desselben Menschen eine gleichartige Verteilung und Form der Perikymatien aufweisen.

Daraufhin ist bei mehreren Zahnpaaren der Spaltlinienverlauf untersucht worden. Es zeigt sich eine auffallende Übereinstimmung, die sich auch auf Abweichungen und Unregelmäßigkeiten erstreckt.

Genauer untersucht werden nun Paare, deren Zähne einer jeweils unterschiedlichen kaufunktionellen Beanspruchung ausgesetzt gewesen sind:

Von den Zähnen eines zu vergleichenden Praemolarenpaares befindet sich der eine in Okklusion, der andere ist soeben durchgebrochen. Die einheitliche Verlaufsrichtung der Spaltlinien beider Zähne ist auch hier festzustellen.

Gegenübergestellt werden ferner ein oberer zweiter linker Molar, der seit längerer Zeit keine Antagonisten mehr besessen hat und der korrespondierende Zahn der anderen Kieferhälfte, der noch in Okklusion gestanden hat. Das Spaltlinienbild beider Zähne zeigt eine Übereinstimmung.

Die Einwirkung der Funktion auf das Spaltlinienbild wird schließlich noch an retinierten und verlagerten Zähnen überprüft:

Bei vergleichenden Untersuchungen an Eckzähnen, die in und außerhalb der Okklusion gestanden sind, können keine Unterschiede festgestellt werden.

Alle unseren Untersuchungen zur Verfügung stehenden Weisheitszähne weisen einen vorwiegend horizontalen und unregelmäßigen Spaltenverlauf auf.

Gelegentlich rückt bei Extraktion des unteren zweiten Molaren der dahinter liegende Weisheitszahn auf dessen Platz. Solche Zähne können ebenfalls untersucht werden. Sie unterscheiden sich aber im Spaltlinienbild durch die überwiegend horizontale und unregelmäßige Verlaufsrichtung von dem übersichtlich ausgerichteten Spaltenverlauf der zweiten Molaren.

Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen stellen im wesentlichen eine Bestätigung der von WUNDERER erhobenen Befunde dar und ergänzen diese sinnvoll.

WUNDERER kann sich bei seinen Arbeiten auf ein umfangreiches Untersuchungsmaterial stützen. Anhand von Längs- und Querschnitten stellt er ein longitudinal-transversal geordnetes Dentingefüge fest, das umso ausgeprägter ist, je mehr man in der Wirbeltierreihe abwärts steigt. Er folgert, daß es sich um erbfeste, nicht um funktionsverursachte Hartgewebsstrukturen handeln muß.

Die Beobachtung, daß der Spaltlinienverlauf an kollateralen Zahnpaaren große Übereinstimmung zeigt, was sich mit anderen beidseitig erhobenen Befunden deckt (z.B. bei pathologischen Veränderungen), gibt einen deutlichen Hinweis auf den genetischen Ursprung dieser Strukturen.

Auch läßt die Tatsache, daß der Spaltlinienverlauf bei jugendlichen, noch nicht in Funktion stehenden Zähnen der gleiche ist wie bei ausgereiften, Rückschlüsse zu, daß es sich um Funktionsstrukturen handelt, die genetisch bedingt sind.

Der Aufbau der Schädelkalotte ist ebenfalls ein klares Beispiel dafür, daß erblich bedingte und funktionell ausgerichtete Strukturen durchaus in Einklang stehen können, denn sie muß einem möglichen und intensiven Druck aus allen Richtungen gewachsen sein, der sich wohl in Wirklichkeit höchst selten einstellt.

Für BENNINGHOFF sind die Spaltlinien funktionsgerichtete Linien schlechthin , und zwar so, daß sie ihm als Beweismittel zur Feststellung funktioneller Ausrichtung von Architekturen dienen.

Auch BREMER erklärt den Schrägverlauf der Fibrillen im Zahnlängsschnitt nicht nur aus der Übereinstimmung mit den VON EBNERschen Anbaulinien sondern funktionsbedingt: " Die Fibrillen müssen einer im Winkel zur Längsachse einsetzenden Kraft gerecht werden" (6). Die häufigen Abweichungen von dem VON EBNERschen Schema, die sich funktionell gut erklären lassen, scheinen ihm dabei recht zu geben. Auch die Tatsache, daß sich im Dentin und Zement zwei morphologisch verschiedenartige Gewebe zu einer funktionellen Einheit zusammenschließen, was sich im einheitlichen Verlauf der Spaltlinien vom Pulpenlumen zur Zahnoberfläche kundtut, bekräftigt die Vermutung, daß es sich auch im Zahnhartgewebe um Linien größter Zug- und Druckfestigkeit handeln muß.

So haben Frontzähne in der Hauptsache eine Abbeißfunktion. Sie werden in der Richtung der Zahnlängsachse beansprucht, und dem entspricht auch das Bild der Spaltlinien: sie sind streng longitudinal angeordnet. Sie verlaufen aber nicht in der Form einer Geraden sondern in bogigen Formen, die sich zu Knoten vereinigen.

Zu den Backenzähnen hin nimmt die horizontale Verlaufsrichtung zu, bis sie sich bei den Mahlzähnen fast über das gesamte Kronendentin erstreckt. Dies scheint in einem kausalen Zusammenhang mit der Aufgabe dieser Zähne zu stehen. Die arkadenförmige Anordnung der Spaltlinien, besonders bei den Mahlzähnen, ist ein Zeichen dafür, daß die Zähne in zwei Richtungen, axial und horizontal, belastet werden. Die streng longitudinal ausgerichtete Verlaufsrichtung der Spaltlinien bei den ersten Molaren ist gegenüber den übrigen auffallend. Die Wurzeln sind bei ihnen stärker ausgebildet als bei den anderen Molaren und können der horizontal einsetzenden Mahlbewegung besser gerecht werden. Der longitudinale Verlauf an den ersten

Molaren läßt auch Rückschlüsse zu, daß hauptsächlich in diesem Bereich die Nahrung zerquetscht wird, wobei ein axialer Druck ausgeübt wird. Aus der Unregelmäßigkeit der Spaltlinienanordnung bei den Weisheitszähnen könnte entnommen werden, daß sie für den Kauvorgang eine geringere Bedeutung als die übrigen Molaren haben.

Die longitudinale Verlaufsrichtung der Spaltlinien in der keilförmigen Zone können wir bei den Frontzähnen immer feststellen, bei den Mahlzähnen ist dagegen oft ein horizontaler Verlauf zu beobachten. Auch daraus geht eine kausale Übereinstimmung mit der Aufgabe des Abbeißens bei den Frontzähnen und des Mahlens bei den Molaren hervor. Auf diese Aufgaben ist auch die horizontale Verlaufsrichtung der Spaltlinien an den Wurzelspitzen zurückzuführen: bei den Frontzähnen ist sie kaum, bei den Mahlzähnen stark ausgeprägt. Sie wird bestimmt durch die einstrahlenden Fasern, die die Hebelwirkung, der die Zähne beim Mahlvorgang ausgesetzt sind, auffangen müssen.

Vergleichende Untersuchungen von Zähnen, die Tieren einer unterschiedlichen Kauart entstammen, zeigen schon in ihrem makroskopischen Bild eine Struktur, die der ihrer Funktion entspricht. Der mikroskopische Aufbau gestaltet sich ebenfalls nach funktionellen Gesichtspunkten. Der streng longitudinale Verlauf der Spaltlinien bei den Carnivoren verglichen mit dem überwiegend horizontalen Verlauf bei den Herbivoren stimmt jedenfalls mit der kaufunktionellen Aufgabe der Zähne der betreffenden Tiere überein. Beim Hund sind die Spaltlinien der Front- und auch der Mahlzähne streng longitudinal ausgerichtet. Beim Schwein hingegen verlaufen sie bei den Frontzähnen in longitudinaler Richtung, bei den Molaren entsprechend der

anatomischen Form unterschiedlich. Beim Rind schließlich ist die Verlaufsrichtung der Spaltlinien nur bei den Frontzähnen longitudinal, mit horizontalen Abweichungen im distalen Drittel des Kronendentins und mesialem Abschwenken in die Spitze, während sie bei den Molaren im Kronendentin und gelegentlich auch im Wurzeldentin überwiegend horizontal ausgerichtet ist.

Auch bei den unterschiedlichen Zahntypen (Front- und Mahlzähne) ein und desselben Tieres kann der Spaltlinienverlauf in Einklang mit ihren funktionellen Aufgaben gebracht werden.

Liegt auch das Spaltlinienbild des ausgereiften Dentins fest, so erhebt sich doch die Frage, ob es während der Entwicklungsperiode durch äußere Einflüsse geändert werden kann. An rachitischen Zähnen können jedenfalls keine besonderen Befunde erhoben werden. Dies bedeutet, daß die mit der Spaltmethode darstellbaren Strukturen des Zahnes nach einem Schema festgelegt werden, welches auch während der Entwicklungsperiode durch äußere Einflüsse nur schwer beeinflußbar ist.

Die Beziehungen des Spaltlinienverlaufes zu kaufunktionellen Einwirkungen werden von WUNDERER an Zähnen verschiedenen Alters und Funktion überprüft, Aufzeichnungen gemacht über die Stellung des Zahnes in seiner Reihe, über Beziehungen zu Antagonisten und Nachbarzähnen, zur Bißlage, Kauart und Schliffacetten : er kann keine kausalen Zusammenhänge aufdecken, eine unmittelbare Beeinflussung durch die Kautätigkeit ist nicht feststellbar.

Zähne jüngerer und älterer Personen weisen ein einheitliches Spaltlinienbild auf und zeigen damit an, daß die Struktur des Zahnes, soweit sie durch die Spaltmethode aufgedeckt werden kann, in einem einmal ausgereiften Stadium keinen nachträglichen Veränderungen mehr unterworfen ist und durch eine selbst über längere Zeiträume sich erstreckende Kaubelastung

keine Umstrukturierung erfährt. Man kann vielmehr auch hierin eine funktionelle Maßnahme des Organismus sehen, da die Widerstandsfähigkeit in einem Hartgewebe sich zu den Stoffwechsel- und Umbauvorgängen umgekehrt proportional verhält.

Die Beobachtungen an veränderten Bißverhältnissen, Bißlagen undin einem parodontal geschädigten Gebiß bekräftigen die Annahme, daß die durch die Spaltlinien darstellbare Struktur sich auch bei Fehlbelastungen nicht ändert, selbst wenn sie recht erheblich sind. Hierdurch auftretende Umbauvorgänge spielen sich nicht im Zahn, sondern in dem ihn umgebenden Knochen ab. Eine Beziehung seiner trajektoriellen Struktur zur Art der mechanischen Einwirkung kann deutlich festgestellt werden.

Veränderungen des Spaltlinienbildes an abradierten Zähnen liegen besonders nahe, denn sie unterliegen einer intensiven kaufunktionellen Belastung. Gerade die Befunde an Zähnen, deren Krone über die Hälfte abgekaut war, lassen den Schluß zu, daß der in den Spaltlinien zum Ausdruck kommende histologische Bau des Zahnhartgewebes gegenüber äußeren mechanischen Einflüssen resistent ist. Dies scheint auch bei bakteriellen und chemischen Einwirkungen der Fall zu sein wie es die Bestätigung der Beobachtungen BRODERSENs und WUNDERERs ergibt, daß das Spaltlinienbild durch Füllungen und Karies keine Beeinträchtigung erfährt.

Selbst wenn man berücksichtigt, daß kollaterale Zahnpaare in den meisten Fällen den gleichen funktionellen Belastungen ausgesetzt sind, können sich diese Faktoren bei der Extraktion des Antagonisten oder bei gedrehten bzw. gekippten Zähnen ändern. Das Spaltlinienbild solcher Zähne bleibt aber das gleiche.

Umgekehrt kann bei retinierten und verlagerten Zähnen die Einwirkung des Kaudruckes auf das Spaltlinienbild überprüft werden. Die nicht in Funktion

stehenden Eck- und Weisheitszähne weisen im Verlauf der Spaltlinien keine wesentlichen Unterschiede zu den Zähnen auf, die sich in die Zahnreihe eingeordnet haben.

Die unteren Weisheitszähne zeigen gegenüber den zweiten Molaren wesentliche Unterschiede des Spaltlinienbildes. Diese bleiben bestehen, wenn der Weisheitszahn in die Lücke des zweiten Molaren nachrückt, wie es nach Extraktion dieses Zahnes vorkommen kann, und dessen Funktion übernimmt.

Fehlbelastungen können am Spaltlinienverlauf der Zähne nicht abgelesen werden im Unterschied zum Knochen, der über das physiologische Maß hinausgehende Druckveränderungen durch zusätzliche trajektorelle Strukturen kompensiert.

Die Untersuchungsergebnisse von WUNDERER an Zähnen, die einer unterschiedlichen funktionellen Belastung ausgesetzt waren, werden durch die eigenen Befunde bestätigt.

Die Verhältnisse des Knochens, der einem ständigen Umbau unterworfen ist, können also nicht ohne weiteres auf das Zahnsystem übertragen werden. BRODERSEN hat bei seinen Untersuchungen an Rinderzähnen festgestellt, daß sich mit zunehmendem Alter die Spaltlinien in der Gegend des Tuberkulums mehr und mehr bogig vereinigen, was bedeuten muß, daß sich im fertigen Dentin noch Umbauvorgänge abspielen, soweit sie durch die Spaltmethode darstellbar sind. Umfangreiche Untersuchungen WUNDERERs, denen sich die eigenen anschließen, können diese Befunde nicht bestätigen; es muß vielmehr angenommen werden, daß in dem einmal ausgereiften Dentin keine weiteren Umstrukturierungen mehr stattfinden. Ebenfalls ist in der Gebrauchsperiode kein Einfluß der Funktion auf das Spaltlinienbild mehr zu erkennen.
Die Spaltlinien an den Zähnen können als Anzeiger angesehen werden, welche eigentliche Funktion den Zähnen zugedacht ist und orientieren somit über ihre ursprüngliche Bedeutung beim Kauen.

Zusammenfassung

Die von BENNINGHOFF eingeführte Spaltlinienmethode ermöglicht es, in einem Gewebe funktionelle Strukturen darzustellen, denn die Spaltlinien weisen einen charakteristischen Verlauf zu den funktionellen Beanspruchungen des Gewebes auf.

Inwieweit ist das Spaltlinienbild an den Zähnen abhängig von äußeren funktionellen Einwirkungen, und inwieweit ist es funktionsausgerichtet ?

Bei den verschiednen Typen menschlicher Zähne wird der Spaltenverlauf an Oberfläche, Längsschliffen in oro-vestibularer und mesio-distaler Richtung und Querschliffen, an fehlbelasteten und nicht in Funktion stehenden Zähnen, auch an Zähnen von Hund, Schwein und Rind aufgezeichnet.

Die Ergebnisse zeigen an der Oberfläche menschlicher Zähne im allgemeinen einen longitudinalen Verlauf von der Wurzelspitze zur Krone, im Bereich des Zahnhalses und der Wurzelspitze eine horizontale Ausrichtung, die von den Frontzähnen zu den Mahlzähnen hin zunimmt.

An den Längsschliffen wird eine nur grobe Übereinstimmung der Spaltlinien mit den VON EBNERschen Anbaulinien mit charakteristischen Abweichungen festgestellt.

An den Querschliffen wird die von WUNDERER aufgezeigte innere Zone, die Übergangszone und die äußere transversale Zone beobachtet.

Eine unmittelbare Beeinflussung des Spaltlinienbildes durch die Kautätigkeit ist nicht zu erkennen: dieses ist gleich bei fehl-, über- und unterbelasteten, bei in und außerhalb der Funktion stehenden Zähnen; es wird durch Abrasionen, Füllungen und Karies nicht beeinträchtigt und ist auch nur schwer beeinflußbar durch während der Entwicklungsperiode sich einstellende äußere Einflüsse.

An Frontzähnen und Molaren des Hundes, Schweines und Rindes sind die Spaltlinien ein Anzeiger für die kaufunktionelle Aufgabe der Zähne der betreffenden Tiere.

LITERATURVERZEICHNIS

1 BENNINGHOFF,A.: Spaltlinien am Knochen, eine Methode zur Ermittlung der Architektur platter Knochen. Anat. Anz. 60, 189-206 (1925/26).

2 BENNINGHOFF,A.: Über das elastische Gerüst der Aorta (Die Bedeutung der Intimafaserung und der Torsionsstruktur der Media). Anat.Anz. 66, 244-248 (1928)

3 BENNINGHOFF,A.: Über die Entstehung funktioneller Strukturen. Anat. Anz.71, 62-69 (1930/31).

4 BICHLMAYR,A.: Über den experimentellen Nachweis von Schwachpunkten am Unterkiefer und deren klinische Bedeutung für das Frakturgeschehen. Dtsch. Zahn-, Mund- Kieferhk. 6,448-459 (1939).

5 BLUNTSCHLI,H.: Funktionelle Anatomie der Kiefer und Kaumuskulatur in verschiedenen Alterszuständen. Klin. Wochenh. 44 (1926).

6 BREMER,G.: Über den Verlauf der kollagenen Fibrillen in Dentin und Zement. Odont. tskr. 53, 245 (1945).

7 BRODERSEN,M.: Altersveränderungen am Zahnkeim. Gegenbaurs morph.Jahrb. 65, 465 (1931).

8 BRONNI,S.: Die funktionelle Anordnung des Zahnfleischbindegewebes. Med. Diss. Tübingen, 1954.

9 FENEIS,H.: Gefüge und Funktion des normalen Zahnfleischbindegewebes. Forum Paradontol. 2, 467 (1952).

10 FISCHER,R.: Trajektorien- und Frakturlinienverlauf am Femur im Vergleich zum Trajektoriensystem des Unterkiefers. Med.Diss. Düsseldorf, 1951.

11 GUSTAFSON,A.G.: Die Ähnlichkeit zwischen kollateralen Zahnpaaren. Odont. tskr. 36, 245 (1955).

12 HENCKEL,K.O.: Vergleichend anatomische Untersuchung über die Struktur der Knochenkompakta nach der Spaltlinienmethode.
Gegenbaurs morph.Jahrb. 66, 22 (1931).

13 HENCKEL,K.O.: Zum funktionellen Bau der Kehlkopfknorpel.
Anat. Anz. 76, 438-450 (1933).

14 HERTING,H.CH.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Histologie des normalen Zementes der Wurzeln menschlicher Zähne.
Med.Diss. Berlin, 1962.

15 HEUSER,H.: Wird die Zementoberfläche des menschlichen Zahnes durch die Funktion gestaltet ?
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 861-867 (1962).

16 HULTKRANZ,W.: Über die Spaltrichtungen der Gelenkknorpel.
Anat. Anz. 44, 248-256 (1898).

17 MÜLLER,K-H.: Ein Beitrag zu dem Problem: Korrelationen der Struktur des Zementes zur Kaudruckbelastung.
Med.Diss.Hamburg, 1950.

18 NEHLMEYER,CH.: Polarisationsoptische Untersuchungen über die fibrilläre Struktur des Zementes.
Med. Diss. Marburg, 1948.

19 PANTKE,H.: Die Struktur des menschlichen Zahnschmelzes im oberflächenhistologischen Bild. Unter Berücksichtigung der Bedeutung für das Initialstudium der Karies und der Kavitätenpräparation.
Habil.Schr. Marburg, 1959.

20 SCHREIBER,H.: Zum funktionellen Bau des Schädels.
Fortschr. Zahnhkd. Misch, 8, 1-13 (1932).

21 SCHRÖDER,H.: Über die Auswirkung der Kaudruckkräfte auf den Aufbau und die Struktur des den Zahn umschließenden Knochens.
Dtsch. Zahn-, Mund-, Kieferhk. 1,214-235 (1934).

22 WUNDERER,H.: Organische Dentinstrukturen.
Stoma 7, 128, 175 und 241 (1945).

Abb. 1-12 Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 321 + 123.

Die Spaltlinien verlaufen von der Wurzelspitze bis zur Krone in streng longitudinaler Richtung. Lediglich auf der vestibularen Seite im oberen Bereich des Kronendentins und auf der oralen Seite im Bereich des Tuberkulum dentale sammeln sie sich zu knotenartigen Verdichtungen und strahlen von hier aus in den incisalen Bereich ein.

Abb. 1a-12a Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 321 + 123 (halbschematisch)

An den Längsschliffen gleicht der Verlauf der Spaltlinien im allgemeinen dem der VON EBNERschen Anbaulinien. Bei Zähnen mit noch nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum kann man dagegen gelegentlich einen Spaltenverlauf beobachten, der dem der Dentinkanälchen entspricht (10a).

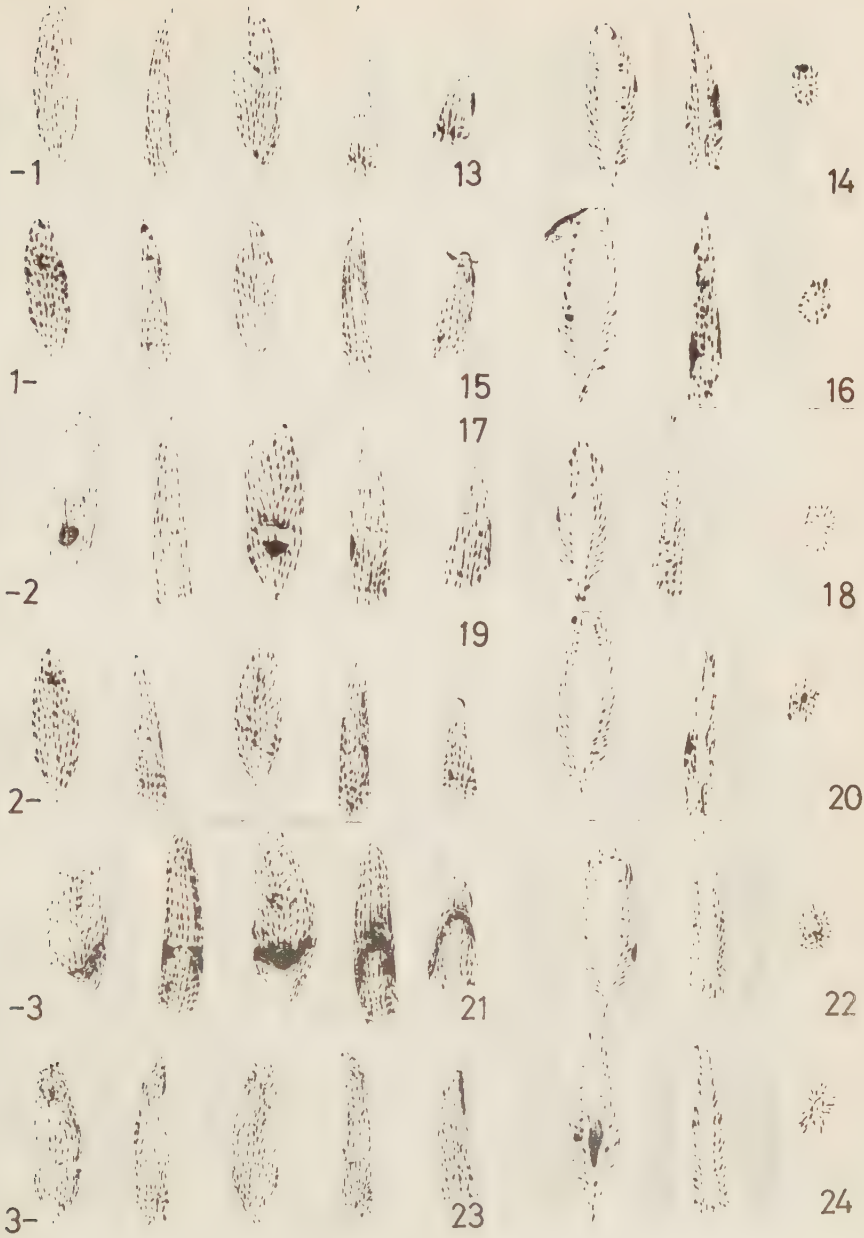


Abb.13-24 Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 321-123.

Der Spaltlinienverlauf an den Frontzähnen des Ober- und Unterkiefers gleicht sich im wesentlichen,d.h. an der Oberfläche ist eine longitudinale Ausrichtung und an den Schliffen eine generelle Übereinstimmung mit den VON EBNERschen Anbaulinien erkennbar.

Abb. 13a-24a Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 321-123 (halbschematisch)

Bei den Frontzähnen des Unterkiefers ist der longitudinale Verlauf der Spaltlinien am deutlichsten ausgeprägt. An den in mesio-distaler Richtung geführten Längsschliffen ist die "keilförmige Zone" sichtbar, in der die Spaltlinien parallel zu den Dentinkanälchen verlaufen.

Abb.25-32 Der Spaltenverlauf an den Zähnen 5+ + 45.

An der Oberfläche der Prämolaren des Oberkiefers verlaufen die Spaltlinien ebenfalls vorwiegend in longitudinaler Richtung, jedoch ist die horizontale Ausrichtung zwar nicht sehr ausgeprägt, aber öfter und deutlicher nachzuweisen als bei den Frontzähnen. Das gilt auch für die Unregelmäßigkeiten des Spaltlinienverlaufes.

Abb. 25a - 32a Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 54 + 45 (halbschematisch)

An den Längsschliffen ist die "keilförmige Zone" wiederum sichtbar. Auch hier entspricht der Spaltenverlauf bei Zähnen mit noch nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum dem der Dentinkanälchen (26a, 28a).

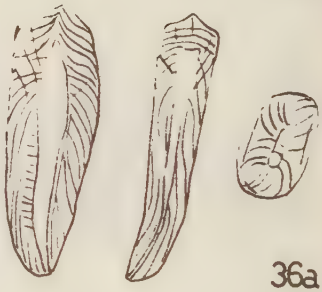
Abb.33-40 Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 54 - 45.

Der Spaltlinienverlauf an der Oberfläche der Prämolaren des Unterkiefers ist regelmäßiger als der an denen des Oberkiefers und vorwiegend longitudinal ausgerichtet. Horizontale Abweichungen finden sich im Bereich der Wurzelspitze des Zahnhalses.

33a

34a

35a



36a

37a

38a

39a

40a

Abb. 33a-40a Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 54 - 45. (halbschematisch)

An den Längsschliffen der Praemolaren des Unterkiefers läßt sich im Bereich des Wurzeldentins häufig ein schraubenförmiger Verlauf der Spaltlinien nachweisen (34a, 40a). Abweichungen vom VON EBNERschen Schema lassen sich bei ihnen öfter als bei den Frontzähnen feststellen

Abb. 41-52 Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 876 + 678.

An der Oberfläche der Oberkiefermolaren erstreckt sich die horizontale Anordnung der Spaltlinien fast über das gesamte Kronendentin, wobei sie arkadenförmig in die Bifurkation einstrahlen; lediglich im Bereich der Höcker verlaufen sie spitzenwärts. Im Bereich der Wurzelspitze ist ihre horizontale Ausrichtung wesentlich breiter als bei den Praemolaren.

Abb.41a-52a Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 876 + 678 (halbschematisch)

An den Längsschliffen der Molaren ist die horizontale Verlaufsrichtung der Spaltlinien noch ausgeprägter als bei den Praemolaren. Besonders bei den Weisheitszähnen lassen sich unregelmäßige Anordnungen finden.

Abb.53-64 Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 876 - 678.

An der Oberfläche der unteren Molaren verlaufen die Spaltlinien ebenfalls über breite Bereiche des Kronendentins und der Wurzelspitze in horizontaler Richtung. Auch hier fällt die unregelmäßige Anordnung der Spaltlinien an den Weisheitszähnen auf. Auf der Kaufläche streben die Spaltlinien den Höckerspitzen zu.

53a

54a

55a

57a

59a

60a

61a

62a

63a

64a

Abb. 53a-64a Der Spaltlinienverlauf an den Zähnen 876-678. (halbschematisch)

An den Längsschliffen der Molaren des Unterkiefers ist die "keilförmige Zone" nur gelegentlich zu erkennen, nicht mit der gleichen Regelmäßigkeit und Deutlichkeit wie bei den Frontzähnen. Hier verlaufen die Spaltlinien häufig in horizontaler Richtung. In der Bifurkation haben sie eine bogenförmige Verlaufsrichtung von einer Wurzel zur andern und entsprechen nicht der Anordnung der VON EBNERschen Anbaulinien.

Herrn Prof. Dr. Dr. S t ü b e n danke ich vielmals für die Überlassung des Themas und den stets gewährten Rat.

Dank schulde ich auch Herrn Priv.Doz. Dr. B o o z und Herrn Dr. M o o t z vom Anatomischen Institut für die Hilfe bei der Anfertigung der Präparate und der photographischen Aufnahmen.

L e b e n s l a u f

Ich wurde am 16.7.1935 als zweites von vier Kindern der Eheleute Dr. med. dent. Robert W e h r und Frau Maria geb. Entrup in Bernkastel-Kues geboren.
Im März 1954 bestand ich am städt. neusprachlichen Gymnasium in Bernkastel das Abitur.

Das Studium der Zahnheilkunde begann ich im Sommersemester 1954 in München und bestand dort im August 1955 die zahnärztliche Vorprüfung. Danach studierte ich ein Semester in München, zwei Semester in Hamburg, drei Semester in Berlin und nach einjähriger Unterbrechung zwei Semester in Kiel. Dort bestand ich im Juni 1960 das Staatsexamen.

Seitdem übte ich, abgesehen von einer einjährigen kieferorthopädischen Fachausbildung im Jahr 1962 bei Herrn Dr. Dr. H.P. B i m l e r, Wiesbaden, meinen Beruf in der Praxis meines Vaters aus.

Seit Juli 1967 bin ich in der Klinik und Poliklinik für Zähn, Mund- und Kieferkrankheiten (Leitung: Prof. Dr. Dr. S t ü b e n) der Universität des Saarlandes in Homburg als wissenschaftlicher Assistent tätig.

Universitätsdruckerei Engelbert Pfriem, 56 Wuppertal-Elberfeld, Else-Lasker-Schüler-Str. 47-49